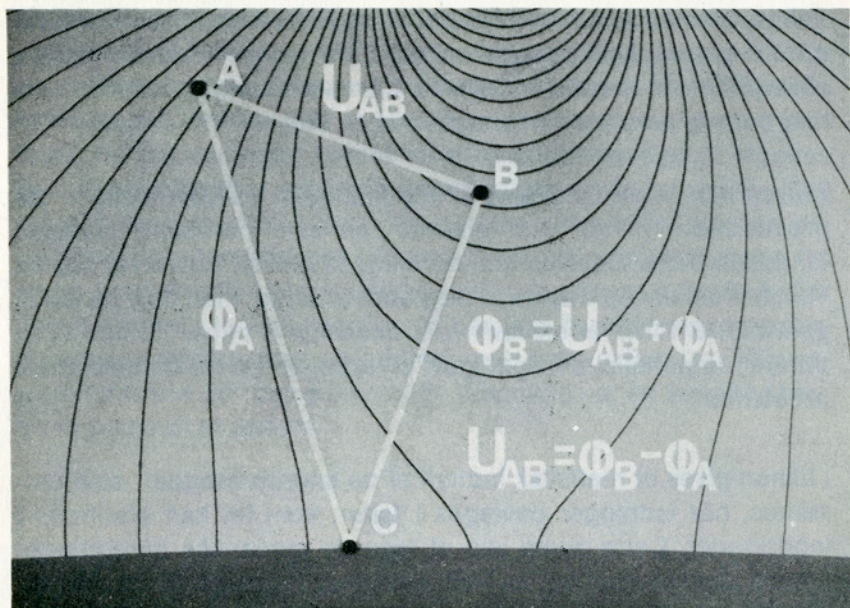




Arbejde - Potential - Spændingsforskel

Definitionen på det arbejde et givet felt $\vec{F}$ udfører, når en partikel bevæges fra et sted A til et andet sted B, defineres helt generelt som $\int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{r}$.

At anvende denne definition korrekt analytisk-matematisk kræver omfattende matematisk indsigt, som højst netop erhverves i skolens ældste klasser. Imidlertid kan forståelse for indholdet som en summation af arbejdet udført langs små (retlinede) kurvestykker i stykkevis konstante felter, gøres tilgængelig for elever uden denne formelle matematiske viden.

Denne film sigter bl.a. mod at give AV-støtte til undervisning i »Arbejde» under den generelle definition, men helt uden anvendelse af formel integrationsregning. Det antages at være en for-

del at anvende film med levende billeder fremfor f.eks. blot tavle eller eventuelt lysbilleder, fordi en film kan give eleven indtryk af, at $\sum \vec{F}_i \cdot \Delta \vec{s}_i$ fremkommer ved trinvis summation af led, som hver for sig er enkle at beregne.

Eleven kan få en oplevelse af summationen som en fortløbende proces, som finder sted efterhånden som partiklen bevæges langs sin bane. Det antages hermed, at eleven erhverver sig en »umatematisk« opfattelse af begrebet arbejde, men dog på en så operationel form, at eleven – om ønskeligt – bliver i stand til at udføre numeriske beregninger af arbejde på to-dimensionale problemer.

I filmen gives et realistisk indtryk af de energimængder, som omsættes, når ladninger bevæges i felter, som let kan etableres i laboratoriet. Dette gøres ved at lade de numeriske beregninger udføre af en computer, hvilket iøvrigt er grunden til, at de kurver, som partiklerne ses at bevæge sig langs i de animerede afsnit, er analytisk opnåelige kurver, og at de felter, som anvendes til at illustrere med, er enten homogene felter eller dipolfelter.

Filmen har også til hensigt at give støtte til undervisningen i »potential som arbejde pr. ladning« og »spændingsforskel som potentialforskel«. Imidlertid gives der her blot en antydning af potentialbegrebets betydning, og det vil kræve nogen undervisning efter filmen at gøre eleverne klart, at f.eks. elektriske og gravitationelle kraftfelter er konservative, altså at man kan tilskrive dem en potentialfunktion. Dette sidste giver en uddybning af potentialbegrebet, men denne uddybning antages kun at kunne opfattes af de ældste elever.

Det er valgt at sætte Jordens elektriske potential lig 0. Begrundelsen herfor er, at et praktisk anvendeligt potentialbegreb er bedre end et måske mere »videnskabeligt korrekt« potentialbegreb. Sidstnævnte kan let indføres, hvis behovet senere skulle melde sig, især hvis eleverne behersker formel integration.

Det er **ikke** filmens hensigt at vise, hvorledes potentiel energi omdannes til kinetisk energi, når et legeme bevæger sig frit under indflydelse af en konservativ kraft. Når denne afrunding ikke er medtaget, skyldes det, at adskillige nye begreber hermed indføres, og det er derfor fundet mest hensigtsmæssigt at standse ved de tre begreber »arbejde, potential, spændingsforskel«. Det må således understreges, at de fremstillinger af ladningers bevægelse, som forekommer i filmen, er fiktive, idet indflydelse fra andre kræfter end elektriske **ikke** er vist (og deres arbejde heller ikke beregnet), hvilket betyder, at der ikke forekommer korrekte dynamiske beskrivelser af ladningernes bevægelse. Der illustreres med andre ord den sædvanlige talemåde »at en ladning føres fra ét punkt til et andet«.

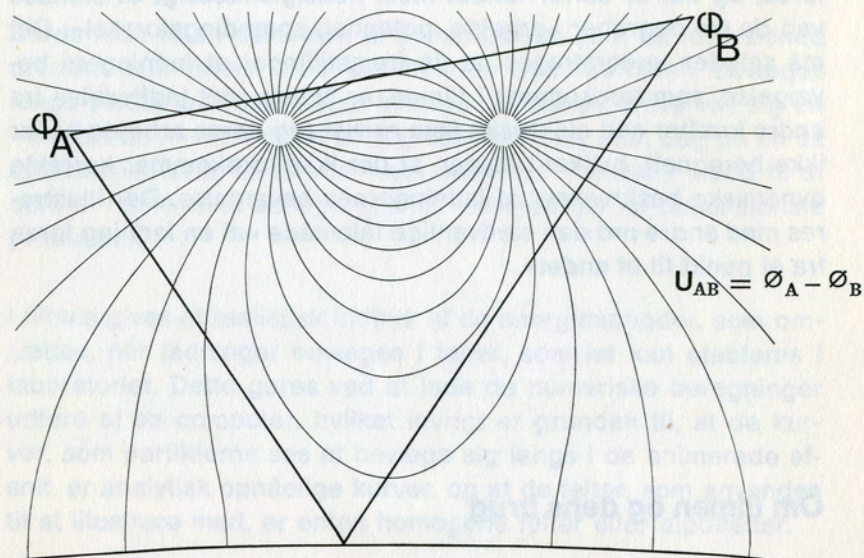
Om filmen og dens brug

Filmen viser to opstillinger, som mange skoler kan opbygge selv. Den beskriver de elektriske ladningsforhold og de elektriske kræfter og det arbejde, de udfører, når ladningen flyttes i feltet. Arbejdet er $\vec{F} \cdot \vec{s}$ for homogene felter og rette baner. Det gøres i en tegnet sekvens klart, at arbejdet, som ved ikke rette baner, beregnes som $\sum_i \vec{F}_i \cdot \Delta \vec{s}_i$, er uafhængigt af vejen, når feltet er homogent.

Spændingsforskel defineres herpå som »arbejde pr. ladning«.

For ikke homogene felter gennemføres beregninger på et eksempel med en ret og en krum kurve, idet arbejdet på hvert lille vejstykke beregnes for sig som $\vec{F}_i \cdot \Delta \vec{s}_i$, og det hele summeres som $A = \sum_i \vec{F}_i \cdot \Delta \vec{s}_i$. Arbejdet bliver naturligvis det samme langs de to forskellige veje, og definitionen på spændingsforskel er altså almen gyldig.

Endelig defineres potentialet i et punkt som spændingsforskellen mellem punktet og Jorden. Herved bliver spændingsforskellen imellem to punkter lig med forskellen i potentialerne.



Før filmen vises, bør eleverne mindst være fortrolige med arbejde = kraft gange vej, men helst opså med det lidt mere almenyldige: arbejde = kraften gange vejens projektion i kraftens retning.

Endvidere bør eleverne vide, at den elektriske kraft defineres som produkt af ladning og feltstyrke, hvis ikke filmen skal virke uforståelig.

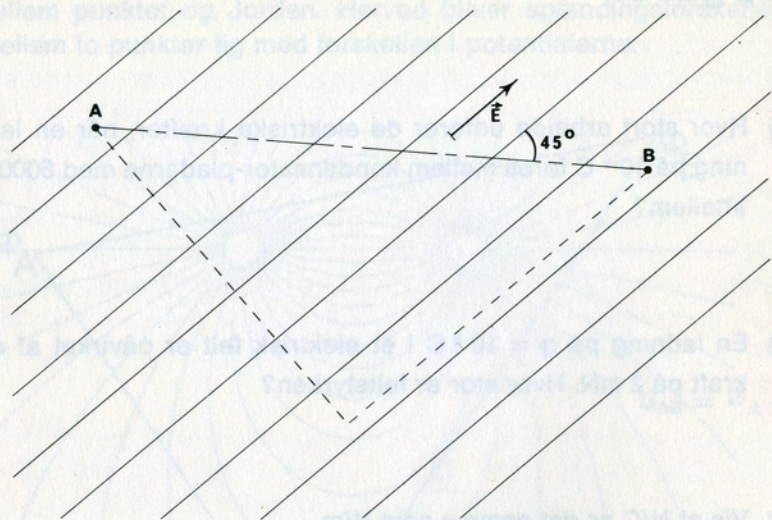
Efter filmen kan nogle af de medfølgende opgaver bruges til at fæstne og præcisere begreberne.

Filmen varer kun 11 minutter. Det tilrådes derfor at vise den igen, efter at opgaverne er regnet.

Opgaver

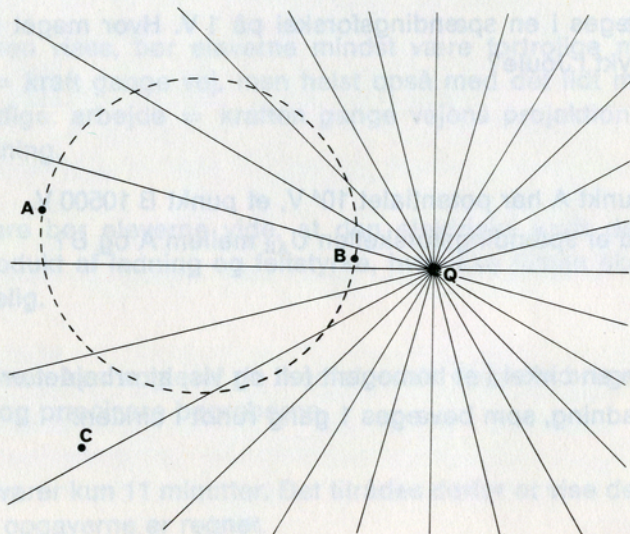
- 1) Hvor stort arbejde udfører de elektriske kræfter, når en ladning på 10^{-8} C føres mellem kondensator-pladerne med 5000 V imellem?
- 2) En ladning på $q = 10^{-8}$ C i et elektrisk felt er påvirket af en kraft på 2 mN. Hvor stor er feltstyrken?
- 3) Vis at N/C er det samme som V/m.
- 4) Ladningen på en elektron er $1.6 \cdot 10^{-19}$ coulomb. 1 eV er det elektriske arbejde, som udføres, når elektronen bevæges i en spændingsforskel på 1 V. Hvor meget er 1 eV udtrykt i Joule?
- 5) Et punkt A har potentialet 10^4 V, et punkt B 10500 V. Hvad er spændingsforskellen U_{AB} mellem A og B?
- 6) Tegn en cirkel i et homogent felt og vis, at arbejdet er nul for en ladning, som bevæges 1 gang rundt i cirklen.

7)



Beregn ved at måle på figuren spændingsforskellen U_{AB} mellem A og B. Feltstyrken er 1000 N/C .

8)



Figuren viser feltet om en ladning (Q) i en plan igennem ladningen. Feltstyrkerne er i A: $E_A = 10 \text{ N/C}$ og i B: $E_B = 250 \text{ N/C}$.

Punkt C har samme afstand fra Q som A.

Beregn spændingsforskellen mellem A og C.

Hvor stort et arbejde udfører de elektriske kræfter, når ladningen på 10^{-6} C føres rundt om ladningen Q i samme afstand som A fra Q .

Hvor stort et arbejde udføres, hvis en ladning på 10^{-6} C føres én gang rundt langs den stiplede cirkel?

Hvor stort et arbejde udføres langs hvilken som helst lukket kurve?

ARBEJDE – POTENTIAL – SPÆNDINGSFORSKEL – et led i Europarådets serie ELEKTROSTATIK. 11 min., 16 mm, farve. Danmark, 1978. Produceret af Teknisk Film Compagni for Statens Filmcentral. Manuskript og sagkyndig assistance: Ole Nielsen og Nils Hornstrup. Trickfilm: Jørgen Müller.

Denne pjece, der er udgivet af Statens Filmcentral, udleveres gratis til brug i forbindelse med forevisning af filmen. Henvendelse til Statens Filmcentrals hovedkontor, Vestergade 27, 1456 København K, eller Statens Filmcentrals Jyllandskontor, Sønder Allé 5, 8000 Århus C.